



EESTI MAAÜLIKOOL

Tehnikainstituut

**Jaanis Saal**

**LED LAMPIDE TEHNILISTE NÄITAJATE MÕÕTMINE JA  
VÕRDLUS**

**MEASURING AND COMPARING TECHNICAL  
SPECIFICATIONS OF LED LAMPS**

Bakalaureusetöö

Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: dotsent Kaupo Toom, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Autor: Jaanis Saal		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: LED lampide tehniliste näitajate mõõtmine ja võrdlus			
Lehekülgi: 35	Jooniseid: 13	Tabeleid: 2	Lisasid: 3
<p>Osakond / Õppetool: Energiakasutuse õppetool</p> <p>ETIS-e teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika,</p> <p>4.17. Energeetiikaalased uuringud,</p> <p>T140 Energeetika</p> <p>Juhendaja(d): dotsent Kaupo Toom</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, Eesti- 2018</p>			
<p>Tänapäeval kasutatakse valgustuses üha rohkem LED lahendusi. Kuna tootjaid on palju ning nende poolt kaasa antav tehniline info erinev, on uue LED lambi valimine keerulisem kui varasemalt levinud hõõglambi puhul.</p> <p>Töö eesmärk on võrrelda lampide tootjapoolseid andmeid katseliselt saadud tulemustega.</p> <p>Antud töös võrreldakse 8 LED lampi, mõõdetakse nende valgustihedust, töövoolu ning tarbitavat võimsust. Lampidel leitakse arvutuslikult valgusviljakus ning mõõdetud valgustihedus arvutatakse ümber valgusvooks. Töös kontrollitakse ka lampide valgustiheduse ja mõõtekauguse suhet ning tehakse järeldusi.</p> <p>Käesolevas töös leiti, et kitsa valgusvihuga lambi puhul on võimalik saada tootjapoolsele valgusvoole vastav tulemus. Töös selgus, et laia valgusvihuga lampide puhul antud meetod ei sobi. Lampide töövool ja tarbitav võimsus ei erine märgatavalt tootjapoolsete andmetest.</p>			
Märksõnad: Valgustihedus, valgusdiod, valgusvoog, luksmeeter			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Jaanis Saal		Curriculum: Engineering	
Title: Measuring and Comparing Technical Specifications of LED Lamps			
Pages: 35	Figures: 13	Tables: 2	Appendixes: 3
<p>Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering</p> <p>Field of research and (CERC S) code: 4. Natural Sciences and Engineering, 4.17. Energetic Research, T140 Energy research</p> <p>Supervisors: docent Kaupo Toom</p> <p>Place and date: 2018, Tartu, Estonia</p>			
<p>Nowadays more and more lighting solutions based on LEDs are used. Since there are many manufactures and they give various specifications, choosing a new LED light bulb is more difficult than choosing incandescent bulb.</p> <p>The aim of the work is to compare the specifications of lamps manufacturer's to experimental results.</p> <p>In this work, the luminous flux, amperage and power consumption of 8 LED lamps are measured and compared. The luminous efficacy is calculated computationally, and illuminance is calculated to luminous flux. The work also examines the proportion between the luminous flux of the lamps and the measuring distance, and makes conclusions.</p> <p>The measurements showed that in case of a narrow-angle LED lamp it is possible to obtain a corresponding result to the luminous flux claimed by the manufacturer. It turned out that this method is not suitable for lamps with a wide beam of light. The amperage and power consumption of lamps are not significantly different than manufacturer's information.</p>			
Keywords: illuminance, light emitting diode, luminous flux, luxmeter			

# SISUKORD

TÄHISED JA LÜHENDID.....	5
SISSEJUHATUS.....	6
TERMINID .....	7
1. VALGUSDIOODLAMBID .....	8
1.1. Valgusdiod .....	8
1.2. Valgusdiodlampide ajaloost .....	9
1.3. Valgusdiodlambid tänapäeval .....	9
1.4. Soovitusi LED lampide valimisel .....	10
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	11
2.1. Mõõtmiste metoodika.....	11
2.2. Uuritavad lambid.....	12
2.3. Kasutatud seadmed.....	14
3. TULEMUSED.....	18
3.1. Valgusvoo analüüs .....	18
3.2. Võimsuse analüüs.....	19
3.3. Töövoolu analüüs .....	20
3.4. Valgusviljakuse analüüs.....	21
3.5. Luksmeetrite analüüs.....	22
3.6. Mõõtekauguse ja valgustiheduse vahelise seose analüüs.....	23
KOKKUVÕTE.....	24
SUMMARY .....	25
KASUTATUD KIRJANDUS .....	27
LISAD .....	28
Lisa A. Lampide pildid.....	29
Lisa B. Tabelid .....	33
Lisa C. Pakendilt kasutatavad tähised .....	34
LIHTLITSENTS .....	35

## TÄHISED JA LÜHENDID

$A$  - mõõdetava pinna pindala  $\text{m}^2$

$I$  – töövool  $\text{mA}$

$E$  –valgustihedus  $\text{lx}$

$P$  – lambi poolt tarbitav võimsus

$T$  – värvustemperatuur  $\text{K}$

$t$ - lambi eluiga  $\text{h}$

$U$  – pinge  $\text{V}$

$\Phi$  - valgusvoog  $\text{lm}$

$\eta$  - valgusviljakus  $\text{lm/W}$

$\gamma$  – kiirgusnurk  $^\circ$

## SISSEJUHATUS

Energiasäästmine on tänapäeval muutunud populaarseks ning sellest tulenevalt otsitakse järjest rohkem võimalusi, kuidas energiatarbimist vähendada. Euroopa Liit soosib üha enam keskkonnasõbralikumale valgustusele üleminekut, kõrvaldades kasutuselt järkjärgult vananenud hõõglambid.[1] Valguslahendustes asendatakse hõõglambid LED lampidega, kuna LED lampidega on võimalik saavutada hõõglampidega võrdne valgustus märgatavalt väiksema voolutarbimisega.

Antud töö teema on valitud huvist tutvuda erinevate tootjate LED lampidega ning teostada valgusmõõtmisi ja tutvuda valgustustehniliste seostega.

Töö eesmärk on võrrelda erinevate LED lampide tehnilisi näitajaid pakendil esitatud näitajatega. Põhilised uurimisvaldkonnad on valgustihedus ja pinna valgustiheduse sõltuvus valgusallika kaugusest valgustatavast pinnast.

Rootsi Tarbijate ühingu testide andmetel on Ikea, Philips, General Electric ja Osram on ettevõtted, kelle lampide pakenditele on märgitud tegelikkusest 25% suurem energiatõhusus. [2] Antud väite kontrollimiseks mõõdetakse lambi poolt tarbitavat võimsust.

Uurimisobjektideks on valitud 8 jaekaubanduses müüdavad LED lambid, mis oleksid võrdelised 60 W hõõglambiga. Lampide valimisel lähtuti valdavalt nende valgusvoost, mis peaks olema 806 lumenit. Katseobjektideks valiti erinevate tootjate lampe, esindatud on erineva hinnaklassis nii tuntud brandid kui ka vähem tuntud brandid.

Mõõteseadmeteks kasutati HoldPeak HP-881D luksmeetrit, Hiina päritolu luksmeerit ning mobiilirakendust Light Meter.

Autor tänab kõiki, kes olid abiks bakalaureusetöö valmimisel.

## TERMINID

Töös kasutatavad terminid.

Lamp (ingl *lamp*) on optilise, enamasti nähtava kiirguse tekitamiseks valmistatud kiirgusallikas.[3]

Valgustihedus (ingl *illuminance*)  $E$  on pinnaelemendile langev valgusvoog pinnaühiku kohta, mida mõõdetakse luksides (lx). [3]

Valgusviljakus (ingl *luminous efficacy*)  $\eta$  on lambi valgusvoo ja lambi poolt tarbitava võimsuse suhe. Valgusviljakuse ühik on lumen vati kohta (lm/W). [3]

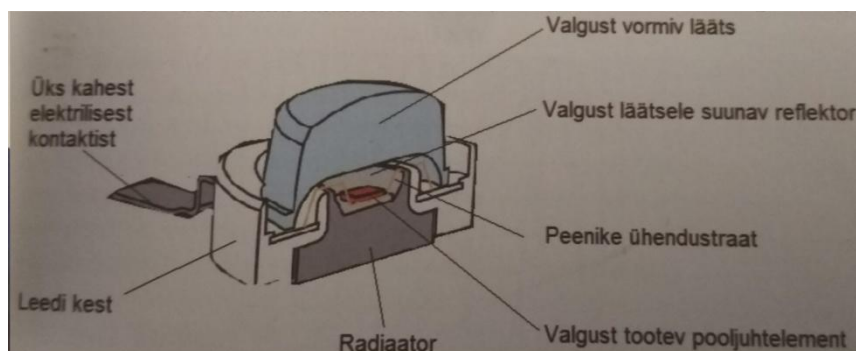
Valgusvoog (ingl *luminous flux*)  $\Phi$  on lambi kiirgusvoo valguslikku toimet iseloomustav suurus. Valgusvoo ühikuks on lumen (lm). [3]

# 1.VALGUSDIOODLAMBID

## 1.1. Valgusdiod

LED ehk valgusdiod on tahke pooljuhtkomponent, mis konverteerib elektrienergia otse valguseks. Tema efektiivsus seisneb selles, et suurem osa tema kiirgusest on spektri nähtavas alas. [3]

Valgusdiodelement koosneb mitmest erisugusest pooljuhtkihist, milles alalispinge abil genereeritakse aktiivsel kihil kindla spektriga valgus. Valgus värvus oleneb kasutatavast pooljuhtmaterjalist ja selle protsesside ülesehitusest. LEDide valmistamine kujutab endast mikrotehnoloogiliste protsesside kompleksi. Kuna valmis valgusdiodid võivad elektriliste ja optiliste parameetrite poolest üksteisest erineda, sorteeritakse need tootmises sarnaste näitajate alusel. [4]



**Joonis 1.1.** Valgusdiodi ehitus[3].

Erinevalt hõõglambist, mis kuumenedes enamjaolt kiirgab infrapunast valgust ning muundab vaid 5% elektrienergiat nähtavaks valguseks, on LEDide puhul võimalik 100% elektrienergiast muundada nähtavaks valguseks. [5]



## 1.2.Valgusdiodlampide ajaloost

Valgusdiodlampid on laiemalt tuntud LED-lampidena. Algselt kasutati valgusdioode elektroonikaseadmete arvkuvaritel indikaatorlampidena. Esimeste valgusdiodide valgusviljakus oli väga madal ning neil puudus praktiliselt värviesitusvõime. [3]

LEDide ajalugu ulatub 20.sajandi esimestesse aastatesse, kuid esimene praktiliselt kasutust leidnud valgusdiodlamp leiutati aastakümneid hiljem.

- 1960. aastatel leiutas Holonyak Jr punase kiirgusspektriga valgusdiodlampi;
- 1970. aastatel lisandusid roheline, oranž ja kollane valgusdiod;
- 1980. aastate algul täiustati LEDide tehnoloogiat, mis võimaldas luua väiksema energiakuluga, kuid kordades tugevama valgusvooga valgusdioode;
- 1993. aastal tutvustas Jaapani *Nichia Chemical Company* sinist ja rohelist valgusdiodi, mille valgusvoog ületas eelmisi sada korda. Sama ettevõtte leiutas ka valge valgusdiodi; [4]
- 2014. aastal pälvisid sinise valgusdiodi loojad Isamu Akasaki, Hiroshi Amano ja Shuji Nakamuri Nobeli füüsikapreemia.[6]

## 1.3.Valgusdiodlampid tänapäeval

LED-lampid muutuvad tänapäeval üha populaarsemateks valgusallikateks. Ennustatakse, et 2020. aastaks põhineb ligi pool kogu valgusallikate müügist LED-tehnoloogial. Kuna LEDid on tavapärastest valgustuslahendustest kallimad, muutub LEDi müügiväärtus veelgi kõrgemaks.[7]

LED lampid kasutavad oluliselt vähem energiat kui kompaktluminofoor lampid ega sisalda elavhõbedat. LEDid muutuvad majanduslikult konkurentsivõimeliseks kompaktluminofoorlampidega juba ostmise hetkel, andes samal ajal kõrgema kvaliteediga valgustuse ja energiaarve kokkuhoiu võrra. [8]

Tänapäeva LED-lampe valmistatakse erineva võimsusega, ahendatud avarusnurgaga, erinevale väikepingele ja 230 V, aga ka erinevate soklitega. Saadaval on ka toruja luminofoorlambikujulisi leetlampe, mis siiski vajavad oma erilist liiteseadeldist ega sobi tavavalgustites luminofoorlampe asendama. [4]

Kaasajal on valgusdiodid hakanud ka reklaamvalgustuses välja tõrjuma kõrgepingelisi huumlahenduslampe, valgusfoorides, autode signaaltuledes ja kandevalgustites aga hõõglampe.[9]

#### **1.4. Soovitusi LED lampide valimisel**

Enamjaolt meelitavad müüjad oma kaupa ostma seda seda kiites, samas vaikides maha puudused. Vähetuntud tootjate puhul, kes isegi oma firma nime ega logo tootele ei ole pannud tuleks olla skeptiline.

Soovituslik oleks LED valgustii valimisel jälgida, et tootja nimi peab oleks valgustile kantud ning valgustil oleks tootjale kohustuslik informatsioon, mis iseloomustab valgusti valgustehnilisi ja elektrilisi omadusi. Tuntumad tootjad hoolitsevad oma maine eest ning annab ka vajaliku informatsiooni. [10]

Kuigi külma valgusega LED-lambid eraldavad rohkem sinist valgust kui sooja valgusega LED-lambid, võib märgis "soe" olla petlik. Nad annavad soojema "otsiva" valguse, sest sinine valgus on maskeeritud kollase või oranži filtri abil, kuid nad ei eralda punast lainepikkust. [11]

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1. Mõõtmiste metoodika

Valgustihedus  $E$  on pinnaelemendile langev valgusvoog pinnalaühiku kohta.[3] Valgustiheduse mõõtmiseks tuleb kasutada luksmeetrit. Kuna tootjad on näidanud pakenditel lampide valgusvoogu luumenites, tuleb mõõdetud valgustihedus luksides arvutada ümber valgusvooks luumeniteks.

Valgusvoo leidmine valgustiheduse ja pindala järgi

$$\Phi = E \cdot A, \quad (2.1)$$

Kus  $\Phi$  on valgusvoog lm;

$E$  –valgustihedus lx;

$A$  - mõõdetava pinna pindala  $m^2$ .

Et lampide valgustihedust mõõta, on vaja ehitata mõõtestend. Eelnevast valemist on näha, et valgustiheduse mõõtmisel on sobilik valida pinna pindalaks  $1 m^2$ . Sellisel juhul on mõõdetud valgustihedus ja valgusvoog võrdsed. Seega peaks mõõtmisi tegema ruumis, kus mõõteseade oleks  $1 m$  kaugusel lambi optilisest tsentrist ja mõõdetav pindala oleks  $1 m^2$  suurune.

Kuna valgus peegeldumine pinnalt sõltub pinnamaterjalist ja värvist, tuleb valida mõõtestendi ehituseks materjal, mis hajutaks peegeldumist. [3] Seetõttu tuleks ehitamisel kasutada tumedat värvi matti materjali.

Valgustihedus sõltub ruutpöördvõrdelisel valgusallika ja valgustatava pinna vahelisest kaugusest. 2 korda kõrgemale paigaldatud valgusti valgustab 4 korda nõrgemalt. Et antud seost kontrollida peaks mõõtekaugust suurendama või vähendama 2 korda. [3]

Lambi valgust iseloomustab hästi lambi valgusviljakus. Valgusviljakus on lambi valgusvoo ja lambi poolt tarbitava võimsuse suhe. Valgusviljakus on arvutatav valemiga

$$\eta = \frac{\Phi}{P}, \quad (2.2)$$

Kus  $\eta$  on valgusviljakus lm/W;

$\Phi$  - valgusvoog lm;

P – lambi poolt tarbitav võimsus.

Eelnevast valemist on näha, et suurema valgusviljakusega lamp annab rohkem valgust, kui sama võimsusega, kuid väiksema valgusviljakusega lamp. [3]. Valgusviljakuse arvutamiseks on vaja müüta ka lambi poolt tarbitavat võimsust.

LED moodulite ja –valgustite valgustustehnilised parameetrid on mõõdetud laboratoorsetes tingimustes, mis sageli erinevad oluliselt nendest tingimustest, kus neid kasutatakse. Nende tehnilised andmed avaldatakse etteantud käidutingimustes + 25°C, kasutatakse aga igasugustes tingimustes. Praktikas kasutatavates valgustites on LED moodulit ümbritsev keskkonna temperatuur kõrgem, eriti kinnistes valgustites. Seetõttu on vajalik LED valgustite puhul tagada moodulite optimaalne jahutus. [4]

## 2.2. Uuritavad lambid

Töös uuriti kuut laia valgusvihuga ja kahte kitsa valgusvihuga jaekaubanduses müüdavat LED-lampi. Esialgu valiti lambid valgusvoo järgi 800 lm kuni 806 lm, mis oleks valgusvoo poolest võrreldes 60 W hõõglambiga. Hiljem lisandus valikusse kitsa valgusvihuga lambid, mis olid 720 lm ja 320 lm valgusvooga. Testis olid esindatud tuntumad brändid nagu: EMOS, Kanlux, OKKO, OSRAM, Philips, SMARTLight ja Standart. Iga lambi pilt koos valguspildiga on nähtav lisas A ning lampide tootjapoolsed ja mõõdetud suurused on lisas B.1. Katses olnud lampide pakendil olevad tähistused on esitatud lisas C. Uuritavate lampide tootja poolsed andmed on esitatud tabelis 2.1.

**Tabel 2.1.** Lampide tootjapoolsed tehnilised näitajad.

Tootja	$\Phi$ , lm	T, K	t, h	P, W	I, mA	$\alpha$ , °	€
EMOS	806	2700	30000	9	78	-	2,3
Kanlux	800	3000	20000	9,5	78	200	4,29
OKKO kitsas	720	3000	30000	10	-	120	3,69
OKKO lai	806	3000	30000	10	-	220	3,59
OSRAM	806	2700	10000	9	72	-	4,99
Philips	806	2700	15000	8	70	-	5,85
SMARTLight	806	3000	20000	10	87	300	3,6
Standart	320	2700	15000	5	27	36	5,99

Märkus:

Tähis „-“ tähendab, et näitaja pole kättesaadav olnud.

Tabelist on näha, et testitud lambid olid vahemikus 320 kuni 806 luumenit, mis on võrdelised 60W hõõglambiga. Valgusvärvus oli lampidel 2700 kuni 3000 K, mis iseloomustab sooja valgust. Eluiga on lampidel 1000 kuni 30000 tundi erinedes 3 kordselt. Testitud lampide olid hinnad olid 2,3 kuni 5,99 eurot, erinedes kuni 2,6 korda. Lampide võimsus oli kitsa valgusvihuga 5 kuni laia valgusvihuga 10 W. Lampide töövool oli vahemikus 27 kuni 87 mA. Valguskiirguse nurk olid testitud lampidel 36 kuni 300 kraadi.

Käesolevas töös testitud lambid on näha joonisel 2.1.



**Joonis 2.1.** Testitud lambid

## 2.3 Kasutatud seadmed

Mõõteseadmena kasutati ka energiamõõdijat, millega mõõdeti toitepinget, töövoolu ja lampide poolt tarbitavat võimsust. Voolutugevust ja tarbitavat võimsust võrreldi tootja poolt pakendile märgitud voolutugevuse ja tarbitava võimsusega. Energiamõõdja on näha joonisel 2.2.



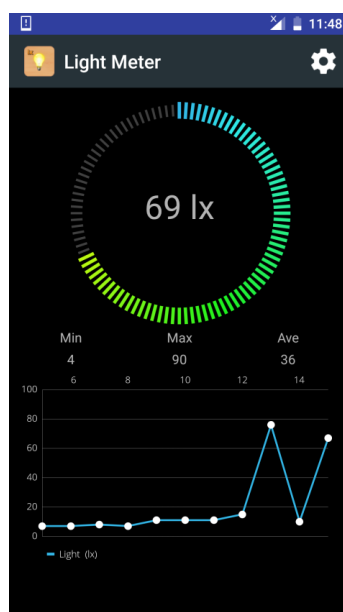
**Joonis 2.2.** Energiamõõdja

Valgusmõõtmisi tehti kolme luksmeetriga. Peamine mõõtevahend oli HoldPeak HP-881D luksmeeter, mille mõõtevahemik on 1 kuni 400 000 luksi. Seadme võimalik mõõteviga on 2%. Lisaks valgustihedusele on võimalik antud seadmega mõõta ka temperatuuri, kuid temperatuuri mõõtmine polnud antud töö eesmärk. Luksmeetrid on näha joonisel 2.3



**Joonis 2.3.** Hiina päritolu luksmeeter ja HoldPeak luksmeeter.

Lisaks tehti paralleelselt mõõtmisi ka Hiina päritolu luksmeetriga ning nutitefoniga Nokia 6, kus kasutati rakendust Light Meter. Eelnimetatud kahe mõõtevahendiga tehti mõõtmisi mõõtekauguse ja valgustiheduse vahelise seose kontrollimiseks, et saaks HoldPeak luksmeetri näitu võrrelda. Light Meter rakenduse kuvatõmmis on näha joonisel 2.4.



**Joonis 2.4.** Light Meter rakenduse kuvatõmmis.

Valgusmõõtmised teostati omavalmistatud mõõtekastis, mis asus pimedas ruumis. Mõõtekast ehitati viiest küljest kinniseks. Kasti ehitamiseks kasutati vineeri ning puitliiste. Mõõtekasti siseküljed olid värvitud matt-mustaks, et vältida valguse peegeldumist. Mõõtekasti valmistamiseks kulunud materjal on näha tabelis 2.2.

**Tabel 2.2.** Mõõtekasti ehituseks kasutatud materjal.

Materjal	Mõõdud	Kogus
Vineer	100x1125x3 mm	4
Vineer	100x100x3 mm	1
Liist	25x50x1125 mm	4
Liist	25x50x1105 mm	2
Liist	25x50x950 mm	2
Liist	25x50x470 mm	1
Liist	25x25x1125 mm	4
Liist	25x25x950 mm	8
Kruvi	3,2x15 mm	32
Kruvi	4,0x50 mm	12
Nurgatugi	30x30 mm	2
Sokkel	E27	1
Toitekaabel	1,5 m	1
Kaablivits	300x5 mm	1
Värv	500 ml	3

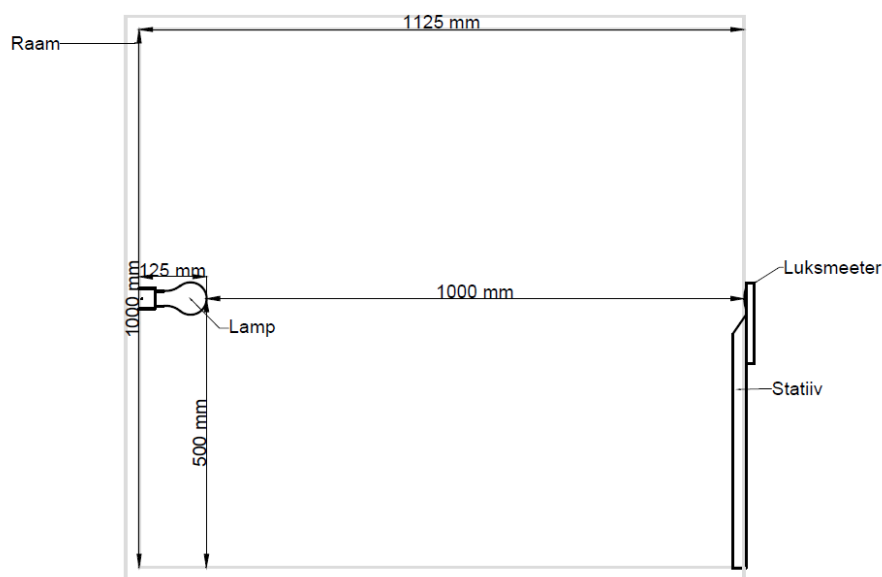
Seade oli paigutatud külili, et ühe otsa peal oleks võimalik valgustihedust mõõta, teises otsas täpselt keskele oli paigaldatud E27 lambi sokkel, kuhu kinnitati mõõdetav lamp (joonis 2.5).





**Joonis 2.5.** Vaade mõõtekasti otsast.

Kasti otste sisemõõdud oli üks meeter korda üks meeter, sügavus oli 1,125 m, et vastavalt iga lambi mõõtmetele oleks võimalik lambi otsast täpselt meetri kaugusele paigaldada mõõteriist (joonis 2.6). Kasti avatud otsas oli ka statii, kuhu kinnitus HoldPeak luksmeeter. Hiina päritolu luksmeetri ja Light Meter rakendusega teostati mõõtmisi ilma statiiuita. Antud mõõtestendi ehitas käesoleva töö autor ise.

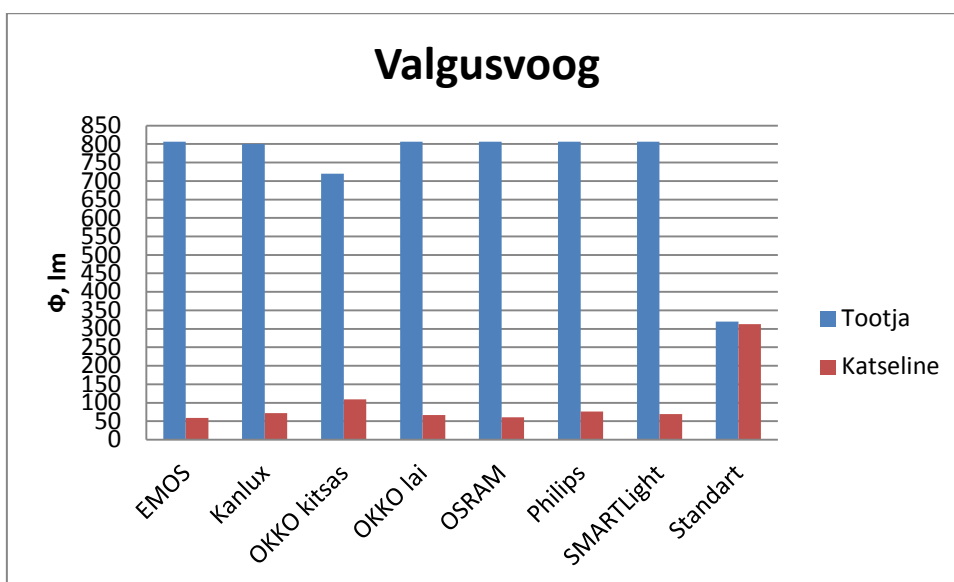


**Joonis 2.6.** Katseskeem

## 3.TULEMUSED

### 3.1. Valgusvoo analüüs

Testis olnud lampide valgustihedus arvutati ümber valgusvooks (lisa B.2). Lampide valgusvood on esitatid joonisel 3.1.



**Joonis 3.1.** Lampide tootjapoolsed ja katselised valgusvood

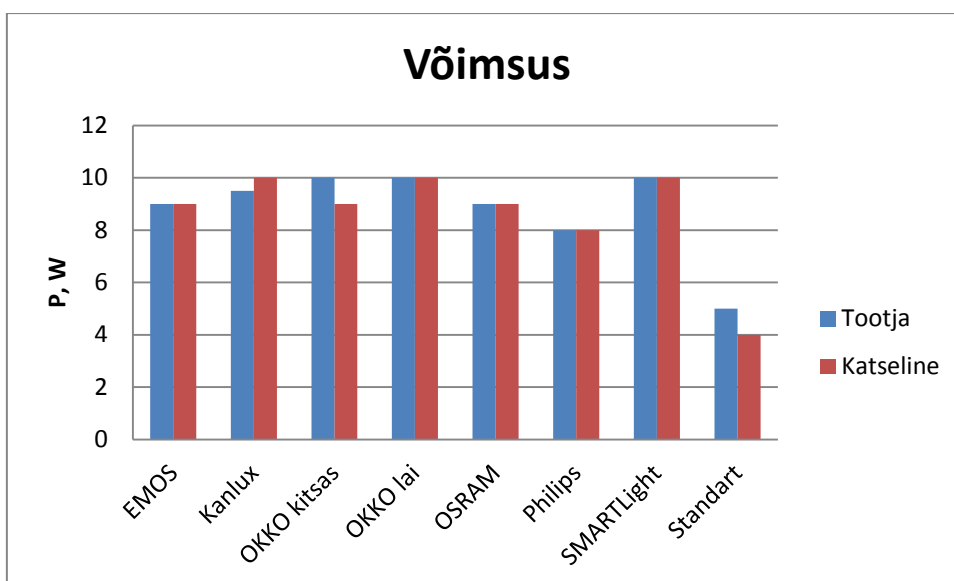
Joonisel 3.1 on näha et tootjapoolne valgusvoo näit on iga lambi puhul olnud suurem kui katseliselt mõõdetud valgusvoog. Enamik katseliselt mõõdetud valgusvoo näitudest on üle kümne korra väiksemad kui tootjapoolsed näidud. Jooniselt on näha, et Standart kitsa valgusvihuga lambi pakendile märgitud ja katseliselt mõõdetud valgusvood erinevus on väga väike, sisuliselt võrdne. Samuti on kitsama valgusvihuga OKKO lambi mõõdetud tulemus suurem kui enamikel laia valgusvihuga lampidel.

Joonisel nähtavad tulemuste põhjal on näha, et antud mõõteviis ei sobi laia valgusvihuga lampidele, kuna valgustihedust mõõdeti lambi optilisest tsentrist otse. Seetõttu on kitsa valgusvihuga lampide mõõdetud tulemused suuremad. Laia valgusvihuga lampide puhul neeldub enamik valgusest mõõtekasti seintele, seega tuleks nende lampide puhul ilmselt

kogu valgusvihi ulatuses valgustihedust mõõta. Mõõdetulemusi võis mõjutada ka temperatuuri võimalik erinevus tootja labori temperatuurist.

### 3.2. Võimsuse analüüs

Lampide poolt tarbitav võimsus on esitatud joonisel 3.2.



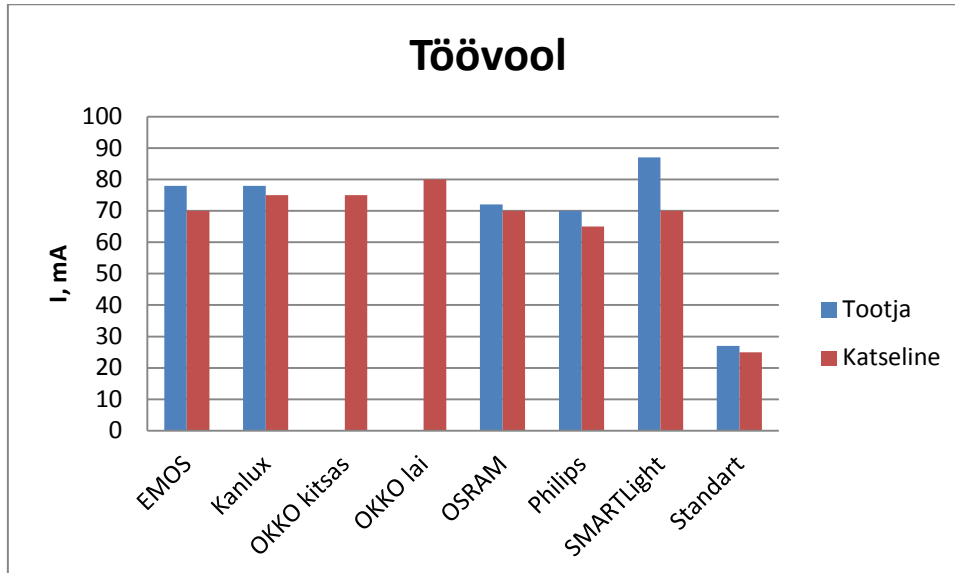
**Joonis 3.2.** Pakendile märgitud ja mõõdetud lampide võimsused

Joonisel 3.2 näeme lampide pakendile märgitud võimsuste ja mõõdetud võimsuste erinevusi. Joonisel on näha, et viie lambi puhul on pakendile märgitud võimsus ja mõõdetud võimsus võrdsed. Kahe lambi puhul on mõõdetud võimsus väiksem kui tootja on lubanud. Ühe lambi puhul on mõõdetud võimsus suurem kui pakendile märgitud võimsus. Kui lamp tarbib rohkem võimsust, kui lubatud, siis on see majanduslikult inimesele kahjulik. Kui lamp tarbib lubatust vähem võimsust, on see energiatõhusam ja on kasutajale kasulik, juhul, kui selle tõttu valgustehnilised näitajad ei muutu kehvemaks.

Lambi võimsuse mõõtmine ning selle põhjal valgustootlikkuse hindamine võib olla eksitav, sest tänapäeval kasutatakse eri tüüpi lampide puhul sama valgushulga saamiseks erinevat võimsust. Kasulik on mõõta lambi tootlikkust tema toodetava valgusvoo järgi luumenites (lm). [1]

### 3.3. Töövoolu analüüs

Lampide töövoolud on nähtavad joonisel 3.3.



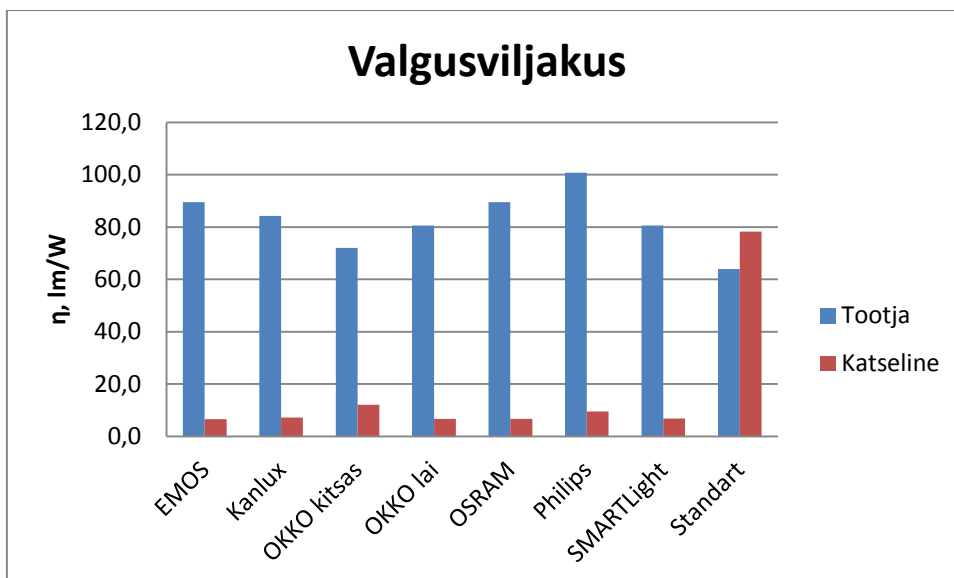
**Joonis 3.3.** Lampidele märgitud töövoolud ja katselise töövoolud

Joonisel 3.3. on näha, et katseliselt mõõdetud töövoolud erinevad lambile märgitud töövooludest. Kuue lambi puhul on mõõdetud töövool väiksem kui tootja on ette näinud. Väiksema töövoolu puhul ei pruugi aga lamp toota maksimaalset valgust ning see võib mõjutada ka lampide valgustiheduse mõõdetud tulemusi.

Kahe lambi puhul pole tootja töövoolu tähistanud, seega ei saa nende lampide mõõdetud töövoolu võrrelda. Nende lampide puhul on võimalik, et katseliselt mõõdetud töövool võib olla suurem, kui tootja ette näinud ja selle tulemusena võib lühendada lambi eluiga.

### 3.4. Valgusviljakuse analüüs

Valgusviljakus on arvatud nii tootjapoolsete kui ka mõõdetud valgusvoogude ja võimsuste järgi.



**Joonis 3.4.** Tootjapoolsed ja mõõdetud valgusviljakused

Jooniselt 3.4 näeme, et enamikel lampidel on tootjapoolsete andmete järgi arvatud valgusviljakus kordades kõrgem kui katseliselt saadud andmetega arvatud valgusviljakused. Valgusviljakuse erinevus tuleneb pakendil esitatud valgusvoo ja mõõdetud valgusvoo erinevusest.

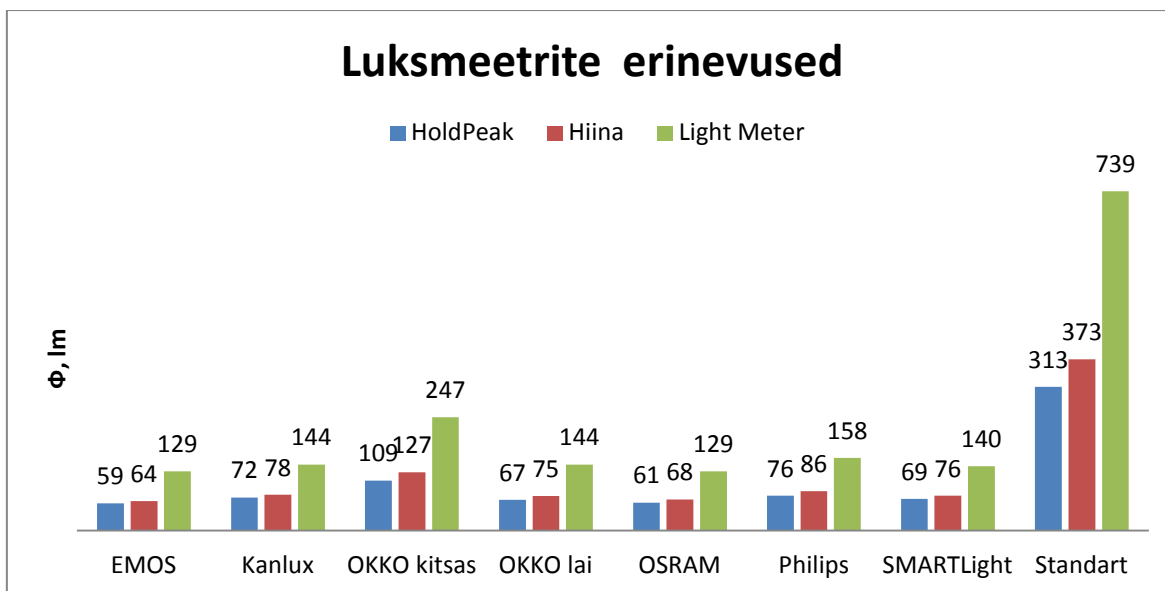
Ühel juhul on katseliste andmetega arvatud valgusviljakus suurem kui tootja poolsete andmetega arvatud. See on tingitud tootja poolse võimuses ja mõõdetud võimsuse vahest, mis oli katseliselt 1 W väiksem.

Kuigi standart IEC 62031 annab juhised, kuidas eitada LED-lampide võimsus sisseintegreeritud liiteseade korral, antakse laiatarbe kasutamiseks mõeldud lambi tarbitavaks võimsuseks sageli ikka vaid LED mooduli võimsus, ignoreerides liiteseadise võimsust. See võib aga tootjati olla erinev, kuigi lamp ilma selleta ei tööta. Ignoreerides kogusüsteemi võimsust, pole võimalik tegelikku lambi valgusviljakust välja tuua. [4]

Praktikas ei saa valgusvoog siiski valgustatud alal jaotuda nii ühtlaselt, et valgustustiheduse väärtus selle pinna kõigis punktides oleks võrdne. [10]

### 3.5. Luksmeetrite analüüs

Tesits kasutatud kolme luksmeetri näitude erinevused 1 m kauguselt valgusallikast on nähtavad joonisel 3.5.



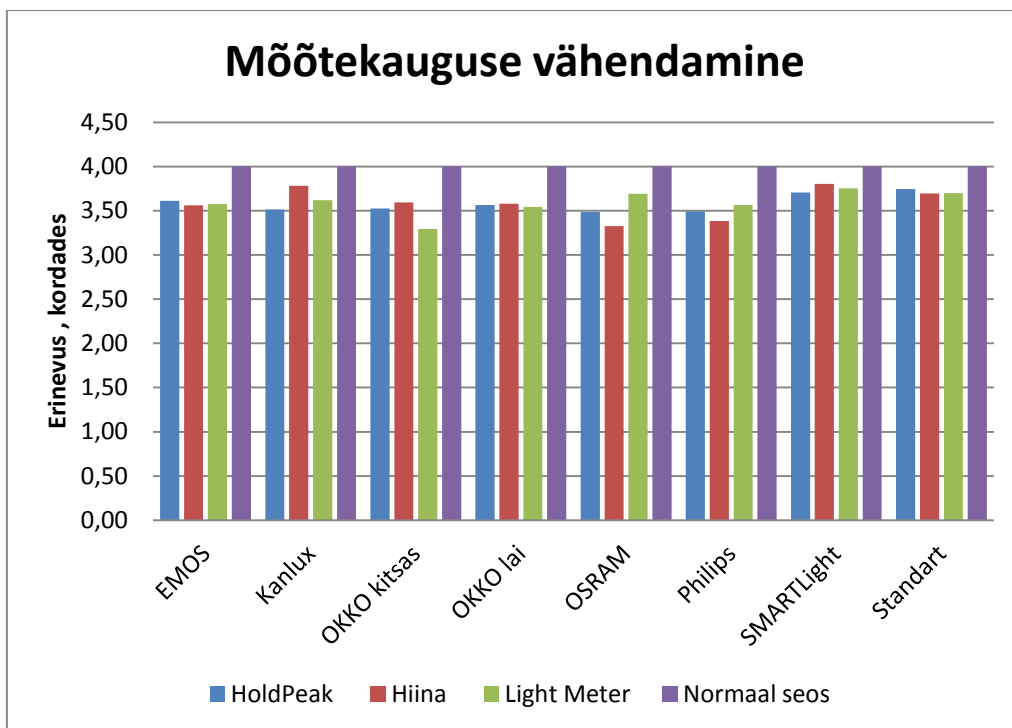
**Joonis 3.5.** Erinevate luksmeetrite näidud 1m kauguselt

Joonisel 3.5 on näha, et luksmeetrite näidud lampide mõõtmisel on erinevad. Kõige usaldusväärsem tundus HoldPeak luksmeeter, kuna sellel mõõteseadmel oli pass kaasas. Kõigil juhtudel on kõige väiksemat näitu näidanud HoldPeak HP-881D luksmeeter. Kõige suuremat näitu on iga mõõtmise puhul näidanud Light Meter rakendus. Antud seadme näit oli alati teiste seadmete omast ligi kaks korda suurem. Ilmselt oli mõõteviga tingitud nutitelefoni valgussensorist, kuna erinevatel seadmetel on erinevad sensorid. Seega nutitefonis kasutatav Light Meter rakendus pole parim valik selliseks mõõtmiseks.

Hiina päritolu luksmeetri näidud on kõigil juhtudel olnud väiksemad kui Light Meter rakenduse näidud, aga suuremad kui HoldPeak luksmeetri näidud. Vaadeldes Light Meter rakendusega mõõdetud tulemusi, näeme, et Hiina luksmeetri ja HoldPeak luksmeetri näidud erinevad kohati ainult 10 luksi.

### 3.6. Mõõtekauguse ja valgustiheduse vahelise seose analüüs

Pinna valgustiheduse sõltub valgusallika kaugusest valgustatavast pinnast. Vähendades kauguse 2 korda, suureneb valgustihedus 4 korda.



Joonis 3.6. Mõõtekauguse ja valgustiheduse vaheline seos

Jooniselt 3.6 on näha, et ühegi mõõtmise puhul ei ole saadud normaalseosega vastavat kordajat. Näeme et kahel juhul on nii Light Meter rakenduse kui ka HoldPeak luksmeetriga mõõdetud näitade seos olnud teiste teistest kõrgem, kui jäänud alla normaalseose. Neljal korral on Hiina päritolu luksmeetri näitade seos teistest kõrgem olnud. Enamikel juhtudel on luksmeetrite näitade erinevus 3,5 korda või rohkem. Keskmiselt suurenes mõõtekauguse vähendamisega valgustihedus 3,58 korda, millega võib rahule jääda, sest seos mõõtmiskauguse ja mõõtetulemuse muutuse osas on 4 korda.

## KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöö käsitles LED-lampide tootjapoolsete ning katseliselt mõõdetavate suuruste võrdlust. Töö käigus tutvuti valgusdiodlampide ehitusega, valgusdiodide ajalooga ja valgustehniliste seostega. Töö käigus kontrolliti ka väidet, et tootjad võivad pakendil eksitavat infot jagada.

Bakalaureusetöös mõõdeti kaheksa LED-lambi valgustihedust ning pinna valgustiheduse sõltuvust valgusallika kaugusest valgustatavast pinnast. Lisaks mõõdeti lampide töövoolu ja võimsust. Antud mõõtetulemusi võrreldi tootja poolt antud näitajatega. Samuti arvutati lampide tootjapoolselt antud ja katseliselt saadud andmetega lampide valgusviljakust.

Valgusvoo mõõtetulemused ei vastanud ootustele, kuna olid märgatavalt väiksemad, kui tootjapoolsed andmed. Mõõtmistulemuste vahe tootjapoolsete näitajatega oli tingitud arvatavasti valest mõõtemetoodikast, kuna laia valgusvihuga lampide puhul valgus kiirgab ümber valgusallika, mitte ei koondunud ühte punkti. Laia valgusvihuga lampide mõõtmiseks tuleks tõenäoliselt ehitada teistsugune mõõtestend.

Kitsa valgusvihuga lambi puhul saab mõõtetulemustega rahule jääda. Standard lambi puhul erines mõõdetud valgusvoog tootjapoolsest vaid 2 %.

Mõõtekauguse vähendamise ja valgustiheduse suurenemise vahelise seose tulemusega võib rahule jääda. Mõõtekauguse vähendamisel suurenes valgustihedus keskmiselt 3,58 korda, mis on normaalseose 4 korruga suhteliselt sarnane.

Töös kasutatud luksmeetritest tundus kõige usaldusväärsem HoldPeak HP-881D, kuna teistel mõõteseadmetel polnud kasutusjuhendit ja teiste mõõteseadmetega mõõdeti ühe lambi puhul tootjapoolsest valgusvoost palju suurem näit, mis pole tegelikult võimalik.

Antud mõõtmiste põhjal ei saa ka väita, et mõni tootja oleks lambile kandnud suurema energiatõhususe, kui tegelikult on. Kuna lampide poolt tarbitav võimsus oli valdavalt võrdne tootja andmetega, kohati isegi väiksem, siis võib tootjate andmeid usaldusväärseks lugeda. Samuti peaks täpsemate mõõtetulemuste saamiseks tagama samaväärse temperatuuri, mis tootja laboris.



## SUMMARY

This research examined the comparison between manufacturer's and test-measurable specifications of LED lamps. The construction of light-emitting diode lamps, the history of light-emitting diodes and light-engineering connections were studied in the research. The work also verified the claim that manufacturers might share misleading information on the packaging.

The light intensity of eight LED lamps and the dependence of the surface luminance on the illuminated surface of the light source were measured. In addition, the amperage and power of the lamps were measured. These results were compared to those given by the manufacturer. The luminous efficacy of the lamps was calculated computationally from the specifications given by the manufacturer, and from experimentally obtained results.

The measurements of luminous flux did not meet expectations, as they were significantly lower than the manufacturer's data. The difference between measurements and the manufacturer's indication may be caused by wrong measurement methodology, since in the case of wide-angle lamps, light emits around a light source rather than concentrating on one point. A different measuring bench should probably be built to measure wide-angle beam lamps.

In case of a narrow-angle lamp, the measurement results were satisfying. For a Standart LED lamp, the measure luminous flux varies only 2% from the manufacturer.

The result of the reduction in the distance and the increase in luminous flux were satisfying. By reducing the measurement distance, the luminance increased by an average of 3.58 times, which is relatively similar to normal 4 times.

Considering all the luxmeters used in the experiments, the most reliable device seems to be HoldPeak HP-881D, as the other devices did not have a user manual, and with other those the experimental luminous flux was much higher than the manufacturer's luminous flux, which is not realistic.

Based on the measurements in the experiments, it is also not possible to claim that some manufacturers have given a higher energy efficiency on the packages of the lamps. As the power consumed by the lamps was predominantly equal to the manufacturer's data, sometimes even lower, then manufacturer's data could be considered reliable. Also, in order to obtain more precise measurement results, the temperature in this experiment and the temperature in the manufacturer's laboratory should be ensured an equal.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Tarbijakaitse. (04.2017). *Kuidas lugeda lampide pakendi teavet*. [WWW] <http://tarbijakaitse.ee/wp-content/uploads/2017/04/Kuidas-lugeda-lampide-pakendi-teavet.pdf> (22.03.2018)
2. The Guardian. (17.12.2015). *Big brands 'cheating' consumers with false lightbulb efficiency claims*. [WWW] <https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/17/leading-lightbulb-brands-making-false-claims-on-energy-efficiency> (02.02.2018).
3. **Tamm.T.** (2009) Valgustehnika I. Tallinn: Talinna tehnikaülikooli Kirjastus. 112 lk.
4. **Tamm.T.** (2011) Praktiline valgustehnika. Tallinn: EETEL-EKSPERT OÜ. 248 lk.
5. Gayral. B. (2016) LEDs for lighting: Basic physics and prospects for energy savings. [WWW] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S163107051730052X> (05.08.2018)
6. Pappel. P.(08.10.2014) Füüsika-Nobeli pälvisid sinide valgusdiodi loojad. [WWW] [http://novaator.ee/ET/tehnika/fuusikanobeli\\_palvisid\\_sinise\\_valgusdiodi\\_loojad/](http://novaator.ee/ET/tehnika/fuusikanobeli_palvisid_sinise_valgusdiodi_loojad/) (10.08.2018)
7. Galmox (2018) *LEDi põhimõte* [WWW] <https://glamox.com/ee/ledi-phimte> (10.04.2018).
8. Scientific American. *The Dark Side of LED Lightbulbs*. [WWW] <https://www.scientificamerican.com/article/led-lightbulb-concerns/> (10.04.2018)
9. **Lootus.J.** (2008) Valgustus. Tallinn: Eesti Mereakadeemia.59 lk.
10. Moodne valgustus. (s.a). Kasulik teada. [veebileht] <http://www.valgustus.ee/UsefulInfo/1104> (07.07.2018)
11. Burrows. S. (15.11.2017) The dark side of LED lighting. [WWW] <https://returntonow.net/2017/11/15/dark-side-led-lighting/> (10.04.2018)

**LISAD**

## Lisa A. Lampide pildid



**Joonis A.1.** EMOS LED-lamp ning selle valguspilt.



**Joonis A.2.** Kanlux LED-lamp ning selle valguspilt.



**Joonis A.3.** OKKO kitsa valgusvihuga LED-lamp ning selle valguspilt.



**Joonis A.4.** OKKO laia valgusvihuga LED-lamp ning selle valguspilt.



**Joonis A.5.** Osram LED-lamp ning selle valguspilt.



**Joonis A.6.** Philips LED-lamp ning selle valguspilt.





**Joonis A.7.** SMARTLight LED-lamp ning selle valguspilt.



**Joonis A.8.** Standart LED-lamp sokli adapteriga ning selle valguspilt.



## Lisa B. Tabelid

### Lisa B.1. Lampide tootjapoolsed ning mõõdetud suurused

Suurus	EMOS	Kanlux	OKKO kitsas	OKKO lai	OSRAM	Philips	SMARTLight	Standart
$\Phi_t$ , lm	806	800	720	806	806	806	806	320
Pt, W	9	9,5	10	10	9	8	10	5
It, mA	78	78	-	-	72	70	87	27
T, K	2700	3000	3000	3000	2700	2700	3000	2700
t, h	30000	20000	30000	30000	10000	15000	20000	15000
$\gamma$ , °	-	200	120	220	-	-	300	36
€	2,3	4,29	3,69	3,59	4,99	5,85	3,6	5,99
$\Phi_k$ , lm	59	72	109	67	61	76	69	313
Pk, W	9	10	9	10	9	8	10	4
Ik, mA	70	75	75	80	70	65	70	25
Uk, V	224	224	221	224	224	224	224	221

Märkus:

Tähis „-“ tähendab, et näitajat pole kättesaadav olnud.

Indeks „t“ tähendab tootjapoolset suurust

Indeks „k“ tähendab katselist suurust

### Lisa B.2. Tootjapoolsete andmetega ning katseliste andmetega arvutatud valgusviljakused

Tootja	Tootja	Katseline
	$\eta_t$ , lm/W	$\eta_k$ , lm/W
EMOS	89,6	6,6
Kanlux	84,2	7,2
OKKO kitsas	72,0	12,1
OKKO lai	80,6	6,7
OSRAM	89,6	6,8
Philips	100,8	9,5
SMARTLight	80,6	6,9
Standart	64,0	78,3

## Lisa C. Pakendil kasutatavad tähised

Nimetus	Näide	Tähistus pakendil
Tarbitav võimsus	9,5W	
Võrdlus hõõglambiga	9,5W = 60 W	
Valgusvoog	800 lm	
Värvustemperatuur	3000 K	
Sokil tüüp	E27	
Eluiga	30 000 h	
Hämardamine	lubatud/mittelubatud	
Valgusvihi laius	220°	
Süttimine	100 % = 0 s	
Lülituskordade arv	100 000 x	
Vajalik toitepinge	175-250 V	
Võrgsagedus	50 Hz	
Energiaklass	A+	
Kasutustemperatuur	20°C...40°C	
Ultraviolettkiirgus	puudb	
Elavhõbeda sisaldus	puudub	
Värviesituse üldindeks	80	

**Joonis C.1.** Lampide pakenditel kasutatavad tähised

# LIHTLITSENTS

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemises ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, **Jaanis Saal**,

sünniaeg **21.06.1995**,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

**LED LAMPIDE TEHNILISTE NÄITAJATE MÕÕTMINE JA VÕRDLUS,**  
**MEASURING AND COMPARING TECHNICAL SPECIFICATIONS OF LED LAMPS**

mille juhendaja(d) on **dotsent Kaupo Toom, PhD**,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_

(allkiri)

Tartu, \_\_\_\_\_

(kuupäev)

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)

\_\_\_\_\_

(juhendaja nimi ja allkiri)

\_\_\_\_\_

(kuupäev)